

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-193727

(43)Date of publication of application : 08.07.2004

(51)Int.Cl.

H03M 13/29
G06F 11/10
G11B 20/18
H03M 13/15
H03M 13/23
H03M 13/27

(21)Application number : 2002-356483

(71)Applicant : HITACHI LTD
TOYOTA GAKUEN

(22)Date of filing : 09.12.2002

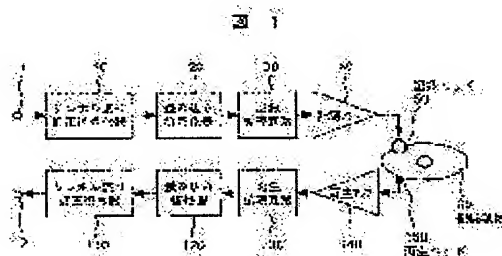
(72)Inventor : IZUMIDA MORIJI
TSUCHINAGA HIROYUKI
SATO NAOKI
MITA SEIICHI

(54) SIGNAL PROCESSING METHOD AND SIGNAL PROCESSING CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a signal processing method and a signal processing circuit capable of encoding with a low decoding error rate and decoding even when random errors increase in reproduced signals.

SOLUTION: An encoding means includes: a symbol error correction encoder 10; and a convolution encoder 20 for attaching at least two kinds of convolution codes with different block lengths to information, and a decoding means includes: a convolution decoder 120 for decoding the convolution code from the reproduced signals; and a symbol error correction decoder 110 for detecting/correcting an error to an output result of the convolution decoder 120 in units of symbols.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-193727

(P2004-193727A)

(43) 公開日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int.Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
H 03 M 13/29	H 03 M 13/29	5 B 00 1
G 06 F 11/10	G 06 F 11/10 3 3 O N	5 J 06 5
G 1 1 B 20/18	G 06 F 11/10 3 3 O P	
H 03 M 13/15	G 1 1 B 20/18 5 2 O D	
H 03 M 13/23	G 1 1 B 20/18 5 3 2 E	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2002-356483 (P2002-356483)
 (22) 出願日 平成14年12月9日(2002.12.9)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (71) 出願人 592032636
 学校法人トヨタ学園
 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地
 1
 (74) 代理人 100068504
 弁理士 小川 勝男
 (74) 代理人 100086656
 弁理士 田中 恭助
 (72) 発明者 泉田 守司
 神奈川県小田原市国府津2880番地 株
 式会社日立製作所ストレージ事業部内

最終頁に続く

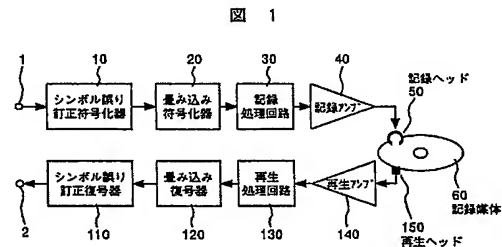
(54) 【発明の名称】 信号処理方法及び信号処理回路

(57) 【要約】

【課題】再生信号にランダムエラーが増加する場合であっても、復号誤り率の低い信号処理方法及び信号処理回路が要求されている。

【解決手段】符号化手段は、シンボル誤り訂正符号化器110と、少なくとも2種類のブロック長の異なる畳み込み符号を付加する畳み込み符号化器20とを有し、復号手段は再生信号から畳み込み符号を復号する畳み込み復号器120と、畳み込み復号器120の出力結果に対して、シンボル単位で誤りを検出・訂正するシンボル誤り訂正復号器110とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

情報にシンボル単位で誤り検出・訂正符号を付加し、さらに少なくとも2種類の畳み込み符号を付加して出力し、入力信号から少なくとも2種類の畳み込み符号を復号し、さらにシンボル単位で誤り検出・訂正を行うことを特徴とする信号処理方法。

【請求項 2】

記録データにシンボル単位で誤り検出・訂正符号を付加し、この記録データを分割し分割した単位で第1の畳み込み符号を付加し、さらに分割されたデータの複数を単位として第2の畳み込み符号を付加して出力し、再生信号に対し第1の畳み込み符号の復号を行い、続いて第2の畳み込み符号の復号を行い、さらにシンボル誤り検出・訂正を行なうことを特徴とする信号処理方法。

10

【請求項 3】

前記シンボル単位で付加される誤り検出・訂正符号はリード・ソロモン符号又は代数幾何符号であることを特徴とする請求項1または2記載の信号処理方法。

【請求項 4】

前記2種類の畳み込み符号または前記第1及び第2の畳み込み符号は再帰組織的畳み込み符号であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の信号処理方法。

【請求項 5】

前記2種類の畳み込み符号または前記第1及び第2の畳み込み符号の復号の結果、誤りの訂正が不能な場合は、前記シンボル誤り訂正において少なくとも消失訂正を行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の信号処理方法。

20

【請求項 6】

情報にシンボル単位で誤り検出・訂正符号を付加するシンボル誤り訂正符号化器と、該シンボル誤り訂正符号化器の出力に少なくとも2種類の畳み込み符号を付加する畳み込み符号化器とを有する符号化手段と、入力信号から少なくとも2種類の畳み込み符号を復号する畳み込み復号器と、該畳み込み復号器の出力にシンボル単位で誤り検出・訂正を行うシンボル誤り訂正復号器とを有する復号手段とを具備することを特徴とする信号処理回路。

【請求項 7】

記録データにシンボル単位で誤り検出・訂正符号を付加するシンボル誤り訂正符号化器と、該シンボル誤り訂正符号化器の出力を分割し分割した単位で第1の畳み込み符号を付加する第1の畳み込み符号化器と、該第1の畳み込み符号化器の出力の複数を単位として第2の畳み込み符号を付加する第2の畳み込み符号化器とを有する符号化手段と、再生信号に対し第1の畳み込み符号の復号を行う第1の畳み込み符号事後確率演算器と、該第1の畳み込み符号事後確率演算器の出力に対し第2の畳み込み符号の復号を行う第2の畳み込み符号事後確率演算器と、該第2の畳み込み符号事後確率演算器の出力にシンボル誤り訂正を行うシンボル誤り訂正復号器とを有する復号手段とを具備することを特徴とする信号処理回路。

30

【請求項 8】

前記シンボル誤り訂正符号化器で付加される誤り検出・訂正符号はリード・ソロモン符号又は代数幾何符号であることを特徴とする請求項6または7記載の信号処理回路。

40

【請求項 9】

前記畳み込み符号化器または前記第1及び第2の畳み込み符号化器で付加される畳み込み符号は再帰組織的畳み込み符号であることを特徴とする請求項6乃至8のいずれか1項に記載の信号処理回路。

【請求項 10】

前記畳み込み復号器または前記第1及び第2の畳み込み符号事後確率演算器での復号の結果、誤りの訂正が不能な場合は、前記シンボル誤り訂正復号器において少なくとも消失訂正を行うことを特徴とする請求項6乃至9のいずれか1項に記載の信号処理回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

【発明の属する技術分野】

本発明は、データを符号化して出力し、入力信号の復号を行う技術に係り、特に記録媒体に記録するデータの符号化と、記録媒体から再生した信号の復号を行う信号処理方法とその回路に関する。

【0002】**【従来の技術】**

磁気ディスク装置（以下HDDという）等の記録再生装置に対する高記録密度化の要望はますます高まっており、これを支える記録再生系の信号処理技術も高記録密度化に対応してきた。

【0003】

図2は従来のHDDにおけるデータ記録再生処理回路の一例を表わしたものである。図2において、記録側では、入力端子1に入力された記録データは、シンボル誤り訂正符号化器10により誤り訂正符号化される。誤り訂正符号にはリード・ソロモン符号（以下RS符号という）が使用されることが多い。さらに、パリティ符号化器21によりパリティビットが付加される（省略される場合もある）。この信号は記録処理回路30で同期信号等が付加され、記録アンプ40、記録ヘッド50を介して記録媒体60に情報として記録される。

10

【0004】

再生側では記録媒体60から再生ヘッド150で読み出した信号を再生アンプ140で増幅し、再生処理回路130で同期信号検出などが行われ、パリティ復号器121に入力される。パリティ復号器121では信頼度情報とパリティを利用してランダム誤りを訂正し、シンボル誤り訂正復号器110で記録再生の際に発生した欠陥によるバースト誤り等の符号誤りの訂正を行い、出力端子2に出力する。

20

【0005】

磁気記録チャネルは、周波数応答が微分器およびローパス・フィルタが直列に接続されたもので近似できる。磁気記録チャネルは、 D を1時刻の遅延演算子とすると、その符号間干渉が、 $(1-D)(1+D)^n$ ($n=1, 2, 3, \dots$) のインパルス応答を持つパルシャル・レスポンス・チャネルとしてモデル化される。

【0006】

このようなチャネルに対して、再生処理回路130にはビタビ復号器が使用されている。ビタビ復号器は、符号間干渉を有する帯域制限のあるチャネルにおける伝送系列の最尤推定を行うのに用いられる。すなわち、可能な符号系列の中から、例えば、受信信号系列の自乗誤差の総和など、受信信号の系列に関する距離メトリック（距離関数）を最小化する符号系列を選択する。

30

【0007】

再生信号のランダム誤りを訂正するため、記録データにパリティ符号を細かな周期で付加し、再生時にこのパリティ符号と再生信号の信頼度情報とを利用する方法が非特許文献1で提案されている。パリティ符号による誤り訂正方式では、データ記録量の増加や、データ転送レート的高速化に伴い増加するランダム誤りを全て訂正することは出来ず、十分な性能を確保することが出来ないという問題があった。

40

【0008】

符号性能の理論的限界としては、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界が知られている。このシャノン限界に近い性能を示す符号化方法として、例えば、特許文献1に記載されている、ターボ符号・復号と呼ばれる並列連接畳み込み符号（Parallel Concatenated Convolutional Codes）による符号化・復号方法が知られている。

【0009】

この並列連接畳み込み符号による符号化は、2つの畳み込み符号化器とインターリーブとを並列に接続して構成される装置により行われる。そして、並列連接畳み込み符号の復号は、軟出力（soft-output）を出力する2つの復号回路により構成される装置

50

により行われ、2つの復号回路の間で情報をやり取りし、最終的な復号結果が得られる。また、並列接続ではなく、縦列接続畳み込み符号による符号化方法も知られている。

【0010】

この縦列接続畳み込み符号とRS符号を組合せてエラー訂正を行う方法が特許文献2で提案されている。この方法を実現する復号装置のブロック図を図9に示す。符号化回路は図示していないが、外符号としてRS符号化を行ったデータに対して、内符号として縦列接続畳み込み符号化変調方式が採用されている。

【0011】

受信信号に対し、まず縦列接続復号器91で縦列接続符号化変調方式による符号の復号が行われる。その復号信号を畳み込みデインターリーバ92により、入力したデータの順序を元に戻す処理が行われ、RS復号器95によりRS符号の復号が行われる。縦列接続復号器91から復号データ中に含まれる誤りの多少を判定する判定部93に復号状態を出力し、決められた基準に応じて消失訂正を行うかどうかを判定して、消失フラグ付与部94に出力する。消失フラグ付与部94では上記判定に基づき、消失フラグをRS復号器95に出力し、この消失フラグの有無によって通常のエラー訂正を行うか、消失訂正を行うかを決定するものである。

【0012】

【非特許文献1】

Conway, A new target response with parity coding for high density magnetic recording channels. (1998) IEEE Trans Magn, 34 (4)

pp 2382-2386.

【特許文献1】

米国特許第5,446,747号明細書(カラム7-10、Fig. 1-4)

【特許文献2】

特開2001-285080号公報(第9-11頁、図6-9)

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

前記消失訂正方式では消失フラグの信頼性が非常に重要となり、この信頼性が悪化した場合には十分な性能を出すことが出来ないという問題や、単純な縦列接続復号方式ではトータルの性能向上を図ることが出来ないという問題があった。

【0014】

本発明の目的は、情報の密度が高くなった場合であっても、復号誤り率の低い符号化と復号を可能とする信号処理方法と信号処理回路を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の信号処理回路では、符号化手段は記録するデータにシンボル単位で誤りを検出・訂正する符号を付加するシンボル誤り訂正符号化器と、この出力データに対し、少なくとも2種類のブロック長の異なる畳み込み符号を付加する畳み込み符号化器とを有し、復号手段は再生信号から畳み込み符号を復号する畳み込み復号器と、畳み込み復号器の出力結果に対してシンボル単位で誤りを検出・訂正するシンボル誤り訂正復号器とを有する。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。図1は磁気ディスク装置等の磁気記録再生装置のブロック構成を示す。図1において、記録側では、入力端子1に入力された記録データは、シンボル誤り訂正符号化器10によりバースト誤り訂正符号化される。誤り訂正符号には、例えばRS符号を使用する。RS符号は、バイト誤り訂正符号で少ない冗長バイトでエラー訂正できる能力を持っている。

10

20

30

40

50

【0017】

シンボル誤り訂正符号化器10の出力は、畳み込み符号化器20によりビット単位のランダム誤り訂正符号化される。次に記録処理回路30で、同期信号等が付加され、記録アンプ40を介して記録ヘッド50に入力され、記録媒体60に情報として記録される。

【0018】

再生側では記録媒体60から再生ヘッド150で読み出した信号を再生アンプ140で増幅し、再生処理回路130で同期信号検出などが行われる。この再生信号は、畳み込み復号器120によりランダム誤りが訂正される。次にシンボル誤り訂正復号器110で記録再生の際に発生したバースト誤りの訂正を行い、再生データを出力端子2に出力する。

【0019】

図3は本実施例における誤り訂正符号のデータとパリティの関係を示したものである。入力データに対して、シンボル誤り訂正符号（例えばRS符号）の検査データ（RSパリティ）を計算して例えばデータの最後部に付加する。なお付加する位置は最後部に制限されるものではない。

【0020】

ここで、入力データ数をK（シンボル）、付加するRS符号のパリティ数をM（シンボル）とすると、最大訂正可能なシンボル数は、 $M/2$ シンボルとなる。以下では、最大訂正可能なシンボル数（ $M/2$ ）が25シンボルで、1シンボルが10ビットの例（最大訂正可能なビット数：250ビット）で説明をするが、この数字に限定されるものではない。

【0021】

図4は図3に示されるデータとパリティの構造の詳細を示したものである。ここで例えばデータを245ビット単位に分割し、この分割したデータに対して第1の畳み込み符号のパリティP1を計算して付加する。なお、パリティは全ビットを付加することはせずに、一部を間引いて（PUNCTURE：パリティビットの間引き）、245ビットに対して16ビットの割合で付加する。

【0022】

さらに、これらの符号化されたデータブロックに対して、複数のブロックを（図4では4ブロック）単位として第2のビット誤り訂正用畳み込み符号のパリティを計算し、これを間引いた後の36ビットのパリティP2を付加する（4ビットの終端ビットを含む）。

【0023】

図5は畳み込み符号化器20の構成を示した図である。この符号化器20の入力データはインターリーバ1（22）とMUX&PUNC回路26に入力される。インターリーバ1（22）では入力データの順番を設定された順番に変更するものである。このインターリーバ1（22）は一定のブロック構造のインターリーバでも、データをランダムな順番に入替えるランダムインターリーバであっても良い。

【0024】

このインターリーバ1（22）の出力を、第1の畳み込み符号化器RSC1（24）とインターリーバ2（23）に入力する。インターリーバ2（23）では後述するように、インターリーバ1（22）とは異なるインターリーブを行う。更にインターリーバ2（23）の出力は第2の畳み込み符号化器RSC2（25）に出力される。2つの畳み込み符号化器RSC1（24）、RSC2（25）の出力はMUX&PUNC回路26に出力され、データとパリティP1、P2が切替えられて、図3、図4に示すようなデータ構成で出力される。

【0025】

第1の畳み込み符号器RSC1（24）の一例を図6に示すが、例えば入力データに対して再帰組織的畳み込み符号（RSC：Recursive systematic code）で符号化を行う。一例として、3次の生成多項式（ $1 + D + D^3$ ）／（ $1 + D^2 + D^3$ ）は排他論理和回路（EXOR回路）27が2個と、Dと示した遅延回路28を3個組合せることで実現できる。第2の畳み込み符号器RSC2（25）の構成も前記第1の畳み込み符号器RSC1（24）と同じである。

10

20

30

40

50

【0026】

図8にインターリーブのデータ構造を示す。ここでは一例として、インターリーブ2(23)としてブロックインターリーブを適用した例を示す。インターリーブ1(22)の出力は第1の畳み込み符号器RSC1(24)で処理されるが、この245ビットのデータを7行35列の行列で表現している。2行目以下を順次5ビット左へシフトする。この行列を4段重ねることにより、28行35列のマトリクスとし、このデータを第2の畳み込み符号器RSC2(25)に出力する。

【0027】

インターリーブの構成法に関し次の論文が発表されている。松本 歩, ・ランダム系列のラテン方阵/長方形構造によるターボ符号インターリーブの構成法, ・電子情報通信学会論文誌(A), June, 2002, vol. J85-A, no. 6, pp. 691-703, .

本実施例で用いる2つの3次RSC符号器の組においては、 $1 + D^{7^k}$ ($k = 1, 2, \dots$) の関係にあるデータが終端系列を構成する。第1の畳み込み符号器RSC1(24)と第2の畳み込み符号器RSC2(25)のパリティ演算に関しては、インターリーブ後に再び同じになる組み合わせを避けることが必要になる。このため、行方向に書き込み、列方向に読み出すことで、行方向に $1 + D^{7^k}$ ($k = 1, 2, \dots$) になる2ビットの組み合わせの内、 $k = 5$ までのものに対しては、列方向で十分距離がとれることが分かる。また、 $k = 6$ 以上のものに対しては、上記5ビットシフトした関係により、やはり列方向では十分距離が離れた組み合わせとなる。

【0028】

一方、列方向に読み出した場合に、 $1 + D^{7^k}$ ($k = 1, 2, \dots$) になる組み合わせに対しては、それぞれが別の畳み込み符号ブロックに分離されるため、やはり十分距離が離れることになる。

【0029】

ところで、第1の畳み込み符号器RSC1(24)では、入力系列の前半部分から順次パリティをつけるため、系列後半に対するパリティ密度は低くなるという性質がある。この場合、後半のビットの符号語距離が短くなり、性能の低下につながる。このため、第2の畳み込み符号器RSC2(25)では第1の畳み込み符号器RSC1(24)とは反対に、図8に示すデータ構造の後ろ側から読み出しを行う。これにより第2の畳み込み符号器RSC2(25)で系列後半のパリティ密度が増えるため、第1及び第2の畳み込み符号器RSC1とRSC2を合わせてパリティ密度の均一化が図れる。

【0030】

本実施例による復号方法ではBCJR(Bahl, Cocke, Jelinek and Raviv)アルゴリズムとBP(Belief Propagation)アルゴリズムを繰り返して実行する。BPアルゴリズムで得られる各ビットの誤り確率は $p_t(m, m')$ にフィードバックされる。いわゆるBCJRアルゴリズムに基づくMAP(Maximum A Posteriori probability)復号やSOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)復号を行うものである。

【0031】

次に、図1における畳み込み復号器120の構成例を図7に示し、動作を説明する。再生処理回路130の出力が畳み込み復号器120に入力され、CHAPP(チャネル出力事後確率演算器)122でチャネル出力の事後確率を計算し、インターリーブ1(123)に出力される。さらに、このインターリーブ1(123)の出力は、DEC1APP(第1の畳み込み符号事後確率演算器)125とインターリーブ2(128)に出力される。DEC1APP 125では、第1の畳み込み符号に対する復号が行われ、その結果はインターリーブ2(127)に出力される。2つのインターリーブ2(127、128)の出力はDEC2APP(第2の畳み込み符号事後確率演算器)129に入力され、第2の畳み込み符号に対する復号が行われる。

10

20

30

40

50

【0032】

また、DEC1APP 125の出力は逆インターリーバ1 (124) を介してCHAPP 122に戻され、必要な回数だけ繰返し復号が行われる。同様に、DEC2APP 129の出力は逆インターリーバ2 (126) を介してDEC1APP 125に戻され、繰返し復号が行われる。

【0033】

繰返しの回数は予め決められているか、信頼度情報などを計算しておき、それが設定値を越えた段階で停止すれば良い。最終的に得られた結果を硬判定して、畳み込み復号器120からの出力として、シンボル誤り訂正復号器110に出力する。

【0034】

図1に戻り、シンボル誤り訂正復号器110ではシンボル誤りの訂正を行う。この際、畳み込み復号器120から出力される最終的な信頼度情報などに基づき、245ビット単位で符号化した各ブロックが訂正不能であったかどうかを判断し、訂正不能の場合には消失フラグを出力し、これを利用してシンボル単位の消失訂正を行うことも可能である。

【0035】

なお、以上説明した実施例に基づく本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。例えば、シンボル誤り訂正符号としてRS符号の拡張である代数幾何符号であっても同様の効果を得ることができる。

【0036】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、情報の高密度化や転送レートの高速化に伴うランダム誤りの増加に対しても十分な性能を確保することができる信号処理方法及び信号処理回路を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による信号処理回路が実装された磁気記録再生装置の構成図である。

【図2】従来技術による磁気記録再生装置の構成図である。

【図3】本発明の一実施例によるデータ構成を説明する図である。

【図4】本発明の一実施例によるデータ構成の詳細を説明する図である。

【図5】本発明の一実施例による畳み込み符号化器の構成図である。

【図6】本発明の一実施例による第1の畳み込み符号化器RSC1の構成図である。

【図7】本発明の一実施例による畳み込み復号器の構成図である。

【図8】本発明の一実施例によるデータ構成とインターリーブを説明する図である。

【図9】従来技術による磁気記録再生装置の復号器の構成図である。

【符号の説明】

10…シンボル誤り訂正符号化器、20…畳み込み符号化器、22, 23…インターリーバ、24, 25…畳み込み符号器RSC、26…MUX&PUNC回路、27…排他論理和回路、28…遅延回路、30…記録処理回路、40…記録アンプ、50…記録ヘッド、60…記録媒体、110…シンボル誤り訂正復号器、120…畳み込み復号器、122…CHAPP (チャネル出力事後確率演算器)、123, 127, 128…インターリーバ、124, 126…逆インターリーバ、125, 129…DECAPP (畳み込み符号事後確率演算器)

130…再生処理回路、140…再生アンプ、150…再生ヘッド。

10

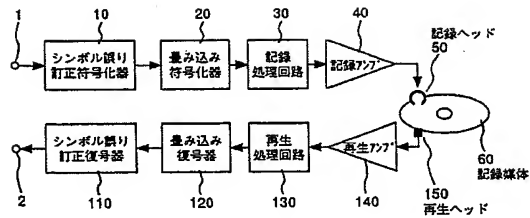
20

30

40

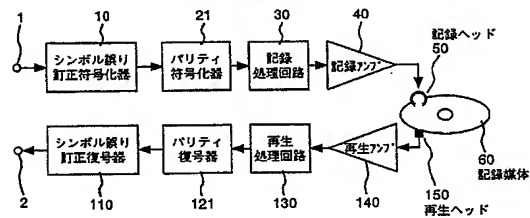
【図 1】

図 1



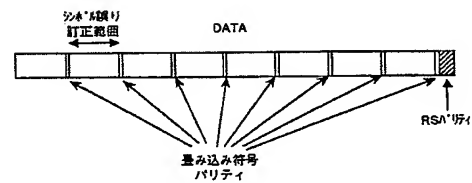
【図 2】

図 2



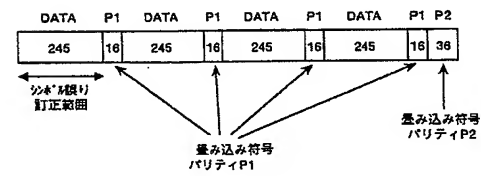
【図 3】

図 3



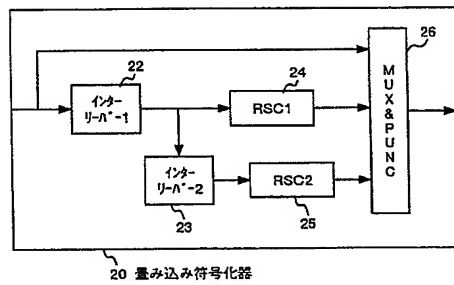
【図 4】

図 4



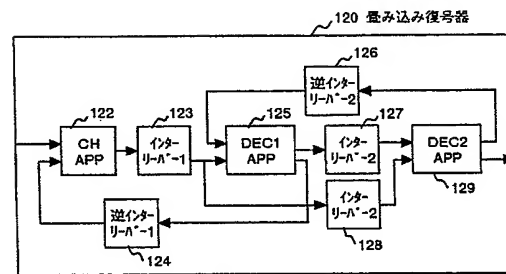
【図 5】

図 5



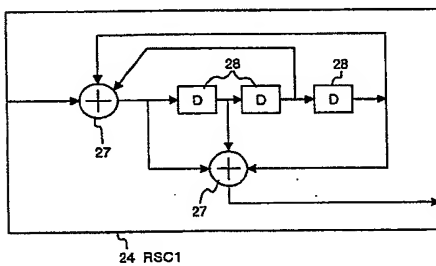
【図 7】

図 7



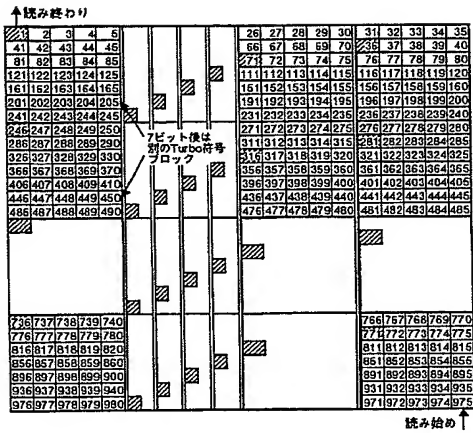
【図 6】

図 6



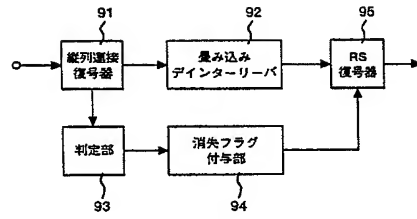
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H 0 3 M 13/27	G 1 1 B 20/18	5 3 4 A
	G 1 1 B 20/18	5 7 0 F
	G 1 1 B 20/18	5 7 2 B
	G 1 1 B 20/18	5 7 2 F
	H 0 3 M 13/15	
	H 0 3 M 13/23	
	H 0 3 M 13/27	

(72) 発明者 土永 浩之

神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内

(72) 発明者 佐藤 直喜

神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所ストレージ事業部内

(72) 発明者 三田 誠一

愛知県名古屋市天白区久方二丁目 1 2 番地 1 号 学校法人 トヨタ学園内

F ターム (参考) 5B001 AA10 AA11 AB01 AB02 AB03 AB05 AD04

5J065 AA01 AA03 AB01 AC03 AD01 AD10 AD11 AE01 AE02 AE05

AF01 AF02 AG06 AG08 AH02 AH09 AH22